



УКРАЇНА

(19) UA (11) 82754 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
B01J 2/16

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

### (54) СПОСІБ ГРАНУЛЮВАННЯ РІДКОГО МАТЕРІАЛУ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

2

(21) а200608137

(22) 20.07.2006

(24) 12.05.2008

(46) 12.05.2008, Бюл.№ 9, 2008 р.

(72) АРТЮХОВ АРТЕМ ЄВГЕНОВИЧ, UA, СКЛА-  
БІНСЬКИЙ ВСЕВОЛОД ІВАНОВИЧ, UA

(73) СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ, UA

(56) UA 10288 A, 25.12.1996

UA 39024 A, 15.05.2001

UA 46560 A, 15.05.2002

UA 69624 A, 15.09.2004

SU 362053 A1, 13.12.1972

RU 1658453 C, 20.01.1995

RU 2232628 C1, 20.07.2004

EP 1550502 A1, 06.07.2005

JP 11047577 A, 23.02.1999

(57) 1. Спосіб гранулювання рідкого матеріалу, що включає його розпилення крізь отвори перфорованої поверхні без надання йому додаткового моменту руху механічним способом під дією гідростатичного напору рідкого матеріалу та його власної ваги з одночасним накладанням на рідкий матеріал, що витікає, вібраційних коливань, у робочому об'ємі пристрою у зустрічному вихровому вісесиметричному потоці теплоносія, охолодження і кристалізацію матеріалу на поверхні гранул з одночасним утворенням центрів кристалізації для подальшого гранулоутворення, класифікацію гранул на товарну і дрібну фракції та відвід дрібної фракції з нього, наступне її повернення у сповзаючому периферійному кільцевому шарі назад у фонтануючий шар матеріалу робочого об'єму для дорошування гранул і відвід товарної фракції з пристрою, який **відрізняється** тим, що дрібну фракцію перед поверненням назад до робочого об'єму пристрою направляють для додаткового контакту з потоком теплоносія, створюючи вторинну зону теплообміну та масообміну в межах одного пристрою.

2. Пристрій для гранулювання рідкого матеріалу, що містить основний вертикальний корпус з кришкою і днищем, всередині якого концентрично вста-

новлений додатковий конус, з утворенням між їхніми бічними поверхнями міжкорпусної кільцевої порожнини, вертикальний патрубок, верхній кінець якого розташований у робочому об'ємі додаткового конуса, а нижній кінець у днищі основного вертикального корпусу, патрубки для подачі і відводу теплоносія в пристрій, патрубок для подачі рідкого матеріалу з вузлом розпилення, який розташований на одній осі з додатковим конусом та виконаний у вигляді комбінованої коробчасто-сферичної порожнини з перфорованою нижньою сферичною частиною (днищем) та отворами на її верхній частині, всередині якої розміщений циліндричний шток, розташований на одній осі з основним вертикальним корпусом, мембраною, роль якої відіграє центральна плоска неперфорована частина днища, виконана з можливістю створення коливань, патрубок для подачі газового потоку співвісно з вертикальним патрубком, кільцевий уловлювач гранул з днищем, розташований на одній осі з додатковим конусом, та вихровий газорозподільний вузол, крім того, пристрій оснащений електромагнітним вібратором, який з'єднаний зі штоком за допомогою муфти, датчиком вібрації на плоскій мембрані, електронним регулятором, що приєднаний до електромагнітного вібратора та частотоміром, розташованими за межами робочого об'єму пристрою, який **відрізняється** тим, що у середині міжкорпусної кільцевої порожнини в нижній її частині змонтований розподільний елемент у вигляді провальної перфорованої решітки і нижня частина основного вертикального корпусу включає циліндричну частину, яка є складовою цього корпусу, причому патрубок для подачі теплоносія в пристрій розташований горизонтально і на одній з бічних сторін цієї циліндричної частини корпусу, а з іншого боку циліндричної частини основного вертикального корпусу розташований додатковий горизонтальний патрубок для вводу теплоносія у кільцеву порожнину для додаткового контакту з дрібною фракцією гранул.

(13) C2

(11) 82754

(19) UA

Винахід відноситься до виробництва гранульованого матеріалу та може бути використано в хімічній, харчовій та інших галузях промисловості.

Відомий спосіб гранулювання розплавів та розчинів шляхом розпилу рідкого матеріалу у зустрічному вихровому потоці теплоносія, охолодження та кристалізації продукту, збільшення до заданого розміру гранул та їх виводу [авт.св. СРСР 1554958, МПК В01J2/16].

Недоліком способу є те, що створення гранульованого продукту проміжної фракції та остаточне формування структури гранули товарної фракції відбувається в одному і тому ж робочому об'ємі пристрою. Неможливість обробки гранул проміжного фракційного складу для успішного протікання процесу висушування та кристалізації перед повторним контактом рідиною, що розпилюється, та подальшого дорошування до товарної фракції одночасно з повним контактом гранул товарної фракції з потоком теплоносія для утворення остаточної структури готового продукту сприяє неоднорідності пофракційної обробки гранул та утворення готового продукту з різномірним гранулометричним складом, що зменшує його якість. Зіткнення гранул різних фракцій, що не є остаточно сформованими, агломерація окремих гранул також сприяє порушенню правильності форми гранул товарної фракції та збільшенню ступеню їх полідисперсності, і, як наслідок, зниження якості.

Відомий пристрій для здійснення способу гранулювання плавів та розчинів, що містить вертикальний конічний корпус, розпилювач рідкого матеріалу, кришку, патрубки підводу теплоносія та відводу готового продукту у нижній частині вертикального конічного корпусу, патрубки підводу плавів і відводу теплоносія у верхній частині корпусу а також завихрювач потоку теплоносія [див. авторське свідоцтво СРСР №1554958, МПК В01J2/16, 1990].

Недоліками цього пристрою є відсутність в його конструктивному оформленні елементу для створення окремого потоку гранул проміжної фракції, що утворюється паралельно з гранулами товарної фракції. Неможливість відокремлення потоку дрібних гранул негативно впливає на протікання процесу сушки у робочому просторі пристрою; конічна форма корпусу забезпечує лише розподіл гранул за розмірами, але не впливає ступінь завершеності кристалізації та сушки гранул дрібної фракції. Нерівномірність та недостатній час контакту дрібних гранул з потоком теплоносія позначається на якості кінцевого продукту, зменшуючи ступінь його монодисперсності.

Найбільш близьким до розробленого способу є спосіб гранулювання рідкого матеріалу, що включає його розпилення крізь отвори перфорованої поверхні без надання йому додаткового моменту руху механічним способом під дією гідростатичного напору рідкого матеріалу та його власної ваги з одночасним накладанням на рідкий матеріал, що витікає, електромагнітних коливань, у робочому об'ємі пристрою у зустрічному вихровому вісесиметричному потоці теплоносія, охолодження і кристалізацію матеріалу на поверхні гра-

нул з одночасним утворенням центрів кристалізації для подальшого гранулоутворення, класифікацію гранул на товарну і дрібну фракції та відвід дрібної фракції з нього, наступне її повернення у сповзаючому периферійному кільцевому шарі назад у фонтануючий шар матеріалу робочого об'єму для дорошування гранул і відвід товарної фракції з пристрою [див. заявку України на винахід №а200512066 від 15.12.2005].

Недоліком способу є те, що гранули дрібної фракції після відведення з робочого об'єму пристрою і до наступного повернення в робочий об'єм в якості внутрішнього ретурна не мають можливості для остаточного формування кристалічної структури внаслідок відсутності контакту з теплоносієм з метою завершення процесу сушки та кристалізації. При цьому створюються гранули з формою, відмінною від сферичної, зменшується однорідність гранулометричного складу готового продукту, що негативно впливає на його якість.

Найбільш близьким до розробленого пристрою для гранулювання рідкого матеріалу по конструкції та досягнутому результату є пристрій, що містить основний вертикальний корпус з кришкою і днищем, всередині якого концентрично встановлений додатковий конус, з утворенням між їхніми бічними поверхнями міжкорпусної кільцевої порожнини, вертикальний патрубок, верхній кінець якого розташований у робочому об'ємі додаткового конуса, а нижній кінець у днищі основного вертикального корпусу, патрубку для подачі і відводу теплоносія, патрубок для подачі рідкого матеріалу з вузлом розпилення, який розташований на одній осі з додатковим конусом та виконаний у вигляді комбінованої коробчасто-сферичної порожнини з перфорованою нижньою сферичною частиною (днищем) та отворами на її верхній частині, всередині якої розміщений циліндричний шток, розташований на одній осі з додатковим конусом, мембраною, роль якої відіграє центральна плоска неперфорована частина днища, яка випромінює коливання, патрубок для подачі газового потоку співвісно з вертикальним патрубком, кільцевий уловлювач гранул з днищем, розташований на одній осі з додатковим конусом, та вихровий газорозподільний вузол, крім того пристрій оснащений електромагнітним вібратором, який з'єднаний зі штоком за допомогою муфти, датчиком вібрацій на плоскій мембрані, електронним регулятором, що приєднаний до електромагнітного вібратора та частотоміром, розташованими за межами робочого об'єму пристрою [див. заявку України на винахід №а200512066 від 15.12.2005].

Недоліками цього пристрою є неможливість регулювання технологічних параметрів теплоносія стосовно до широкого діапазону навантажень по фазах без впливу на протікання процесу гранулоутворення, а також неможливість вирівнювання полів швидкостей потоку теплоносія та забезпечення рівномірного його розподілу в міжкорпусній кільцевій порожнині, що є причиною зниження показників якості готового продукту та ефективності пристрою.

В основу винаходу поставлене завдання удосконалення способу гранулювання рідкого матері-

алу шляхом здійснення вторинного контакту з гранулами дрібної фракції з потоком теплоносія зі збільшенням часу, що потрібен для повного завершення процесу гранулоутворення; при цьому процес вторинного контакту проходить в межах одного пристрою одночасно з процесом гранулоутворення у вихровому псевдозрідженому шарі; це забезпечує рівномірність контакту кожної з створених гранул з вихровим вісесиметричним потоком теплоносія у першій зоні та з потоком теплоносія для остаточного формування кристалічної структури гранул дрібної фракції у другій зоні, що сприяє збільшенню ступеню монодисперсності гранулометричного складу матеріалу в заданому діапазоні розмірів товарної фракції.

В основу винаходу поставлене завдання удосконалення пристрою для гранулювання рідкого матеріалу шляхом зміни конструктивних елементів пристрою, що покращує ефективність висушування, охолодження та кристалізації гранул товарної та проміжної фракції, збільшує час контакту гранул з теплоносієм, інтенсифікує процес гранулоутворення, підвищуючи швидкість росту гранул, що забезпечує більш високий відсоток отримання гранул товарної фракції та збільшення ступеню монодисперсності гранулометричного складу матеріалу в заданому діапазоні.

Поставлене завдання досягається тим, що у способі гранулювання рідкого матеріалу, що включає його розпилення крізь отвори перфорованої поверхні без надання йому додаткового моменту руху механічним способом під дією гідростатичного напору рідкого матеріалу та його власної ваги з одночасним накладанням на рідкий матеріал, що витікає, електромагнітних коливань, у робочому об'ємі пристрою у зустрічному вихровому вісесиметричному потоці теплоносія, охолодження і кристалізацію матеріалу на поверхні гранул з одночасним утворенням центрів кристалізації для подальшого гранулоутворення, класифікацію гранул на товарну і дрібну фракції та відвід дрібної фракції з нього, наступне її повернення у сповзаючому периферійному кільцевому шарі назад у фонтануючий шар матеріалу робочого об'єму для дорошування гранул і відвід товарної фракції з пристрою, згідно винаходу, дрібну фракцію перед поверненням назад до робочого об'єму пристрою направляють для додаткового контакту з потоком теплоносія, створюючи вторинну зону теплообміну та масообміну в межах одного пристрою.

Поставлене завдання вирішується також тим, що у відомому пристрої для гранулювання розплавів, розчинів та суспензій, що містить основний вертикальний корпус з кришкою і днищем, всередині якого концентрично встановлений додатковий конус, з утворенням між їхніми бічними поверхнями міжкорпусної кільцевої порожнини, вертикальний патрубок, верхній кінець якого розташований у робочому об'ємі додаткового конуса, а нижній кінець у днищі основного вертикального корпусу, патрубки для подачі і відводу теплоносія в пристрій, патрубок для подачі рідкого матеріалу з вузлом розпилення, який розташований на одній осі з додатковим конусом та виконаний у вигляді комбінованої коробчасто-сферичної порожнини з перфорованою нижньою сферичною частиною (дни-

щем) та отворами на її верхній частині, всередині якої розміщений циліндричний шток, розташований на одній осі з основним вертикальним корпусом, мембраною, роль якої відіграє центральна плоска неперфорована частина днища, яка випромінює коливання, патрубок для подачі газового потоку співвісно з вертикальним патрубком, кільцевий уловлювач гранул з днищем, розташований на одній осі з додатковим конусом, та вихровий газорозподільний вузол, крім того пристрій оснащений електромагнітним вібратором, який з'єднаний зі штоком за допомогою муфти, датчиком вібрацій на плоскій мембрані, електронним регулятором, що приєднаний до електромагнітного вібратора та частотоміром, розташованими за межами робочого об'єму пристрою, згідно винаходу, у середині міжкорпусної кільцевої порожнини в нижній її частині змонтований розподільний елемент у вигляді провальної перфорованої решітки і нижня частина основного вертикального конічного корпусу налічує циліндричну частину, яка є складовою цього корпусу, причому патрубок для подачі теплоносія в пристрій розташований горизонтально і на одній з бічних сторін цієї циліндричної частини корпусу, а з іншого боку циліндричної частини основного вертикального корпусу розташований додатковий горизонтальний патрубок для вводу теплоносія у кільцеву порожнину для додаткового контакту з дрібною фракцією гранул.

Спосіб гранулювання з зоною вторинного контакту гранул дрібної фракції з потоком теплоносія дозволяє розподілити потоки гранул різного фракційного складу в межах одного пристрою для максимального повного завершення процесу кристалізації, запобігає утворенню гранул з формою, відмінною від сферичної, майже повністю виключає фактор впливу на процес гранулоутворення перемішування дрібної і товарної фракцій, підвищує швидкість росту гранул до товарної фракції, що забезпечує збільшення ступеня монодисперсності отриманого гранулометричного складу готового продукту.

Формування завершеної кристалічної структури гранули відбувається за рахунок збільшення часу контакту останньої з потоком теплоносія; внаслідок дії висхідного потоку теплоносія у зоні вторинного контакту час перетину міжкорпусної кільцевої порожнини пристрою окремою гранулою зростає, що сприяє повному завершенню процесу кристалізації на поверхні гранули до повернення у першу основну зону, де відбувається розпилення рідкого матеріалу. При цьому зменшується вплив дестабілізуючих факторів, що викликані неоднорідністю розмірів та форми гранул.

При встановленні у пристрій додаткового горизонтального патрубка для вводу теплоносія до міжкорпусної кільцевої порожнини, що відокремлений від основного потоку теплоносія, що надходить до робочого об'єму пристрою з'являється можливість регулювання технологічних параметрів теплоносія стосовно до широкого діапазону навантажень по фазах без впливу на протікання процесу гранулоутворення у основному корпусі пристрою; при встановленні розподільного елемента в поєднанні з наявністю циліндричної частини основного вертикального корпусу пристрою досягається

ефект вирівнювання полів швидкостей та рівномірного розподілу теплоносія як до надходження у міжкорпусну кільцеву порожнину під розподільний елемент, так і після проходження розподільного елемента в зоні безпосереднього контакту потоку теплоносія з гранулами дрібної фракції; це забезпечує стабільність розміру і форми гранул дрібної фракції, і, як наслідок, однорідний гранулометричний склад готового продукту.

Використання запропонованого способу гранулювання рідкого матеріалу та пристрою для грануляції дозволить підвищити ефективність процесу охолодження, висушування та кристалізації рідкого матеріалу на гранулах дрібної фракції та прискорення швидкості їх росту, а також збільшити відсоток утворення гранул сферичної форми у заданому діапазоні розмірів, що забезпечує збільшення монодисперсності гранулометричного складу матеріалу та покращить якість кінцевого продукту.

Спосіб здійснюють наступним чином.

Приклад. Вихровий псевдозріджений шар гранул створюють у додатковому конусі гранулятора. До гранулятора, під завихрювач, підводять потік теплоносія з робочою температурою 100°C. Подача останнього складає 15000м<sup>3</sup>/год, або 4м/с на вільну площину меншого перерізу додаткового конусу пристрою. До вихрового шару гранул за допомогою вібраційного розпилювача підводять розплав аміачної селітри у кількості 1500м<sup>3</sup>/год, потік дрібних гранул нетоварної фракції після сепарації у робочому об'ємі пристрою відводять з зони проведення процесу і направляють до міжкорпусної кільцевої порожнини, де він додатково контактує з потоком теплоносія у кількості 5000м<sup>3</sup>/год з робочою температурою 70°C. Після вторинного контакту потік гранул нетоварної фракції повертають до робочого об'єму пристрою ізольованим газовим потоком. Подача останнього становить 3000-м<sup>3</sup>/год, температура 50°C. За рахунок процесу вторинного контакту гранул проміжної фракції з потоком теплоносія та збільшення часу на висушування та кристалізацію досягається більший ступінь монодисперсності гранул, що підвищує якість кінцевого продукту. Гранули товарної фракції переважно мають розмір 3±0,3мм, що складає 92% їх вмісту в готовому продукті.

На кресленні наведена схема пристрою для гранулювання розплавів, розчинів і суспензій.

Пристрій містить основний вертикальний корпус 1 у вигляді конуса, з еліптичною кришкою 2 та розташований в середині основного вертикального корпусу 1 концентрично йому і жорстко до нього закріплений додатковий конус 3, останній утворює з основним вертикальним корпусом 1 міжкорпусну кільцеву порожнину 4, яка обмежується меншими основами додаткового конуса 3 і основного вертикального корпусу 1. Кільцевий уловлювач 5 гранул крупної фракції матеріалу виконаний у вигляді циліндра 6 з нахильним днищем 7 і розвантажувальною тічкою 8 для відводу готового продукту. Теплоносії подають в пристрій через патрубок 9, тангенційно з'єднаний з кільцевим уловлювачем 5 гранул. Пристрій також містить патрубок 10 для відведення відпрацьованого теплоносія, виконаний у кришці 2 основного вертикального корпусу 1,

патрубок 11 для подачі рідкого вихідного матеріалу з вузлом 12 розпилення, розташованим співвісно з додатковим конусом 3, який складається з циліндричного коробчастого корпусу 13 з отворами 14 на його верхній частині, сферичного перфорованого днища 15, плоскої мембрани 16, штоку 17, муфти 18, електромагнітного вібратора 19, датчиком вібрацій 20 на мембрані, електронним регулятором 21 та частотоміром 22. Пристрій має вихровий газорозподільний вузол 23, розташований на одній осі з додатковим корпусом 3, а також вертикальний направляючий патрубок 24, розташований на одній осі з внутрішнім конусом 3. Верхній кінець 25 патрубка 24 розміщений у робочому об'ємі додаткового конуса 3, а нижній кінець 26 у днищі основного вертикального корпусу 1. Патрубок 24 призначений для подачі дрібної фракції матеріалу. Патрубок 27 призначений для подачі газового потоку, і розташований у днищі основного вертикального корпусу 1 на одній осі з вертикальним патрубок 24. Для подачі теплоносія в другу зону контакту з гранулами використовується додатковий горизонтальний патрубок 28. Пристрій має також розподільний елемент 29 та циліндричну частину 30, що є складовою основного вертикального корпусу 1.

Пристрій працює таким чином.

У пристрій через патрубок 9, з'єднаний з кільцевим уловлювачем 5 тангенційно подається теплоносія і, попередньо проходячи простір циліндра 6 та рівномірно розподілившись по всьому його верхньому перетину, надходить до вихрового газорозподільного вузла 23. При його проходженні теплоносія закручується навколо вертикальної осі пристрою і набуває спіралеподібного руху. Вихровий осесиметричний потік теплоносія переміщується вгору по простору додаткового конуса 3 на зустріч матеріалу. Одночасно з цим до утвореного спіралеподібного потоку теплоносія через патрубок 11 до вузла 12 розпилення підводять розплав. Розплав надходить до коробчастого корпусу 13 вузла 12 розпилення та заповнює його об'єм. Під дією гідростатичного напору рідкого матеріалу та його власної ваги розплав без надання йому додаткового моменту руху механічним способом починає витікати з вузла 12 розпилення через перфоровану частину сферичного днища 15. В цей же час за допомогою штока 17, який з'єднаний муфтою 18 з електромагнітним вібратором 19, створюються електромагнітні коливання, що передаються плоскій мембрані 16, роль якої відіграє центральна плоска неперфорована частина днища 15. Плоска мембрана 16 передає коливання перфорованій частині днища 15. Прискорення центру плоскої мембрани 16 реєструється датчиком вібрацій 20 та корегується за допомогою електронного регулятора 21. Число значення частоти коливань плоскої мембрани 16 фіксується частотоміром 22. В разі попадання до вузла 12 розпилення повітря останнє сепарується над вільною поверхнею розплаву та відводиться з отворів 14. Під дією електромагнітних коливань струмів розплаву, що витікає крізь отвори 14, розпадається на окремі гранули сферичної форми. Утворені гранули, контактуючи з вісесиметричним вихровим потоком теплоносія, охолоджуються і кристалізу-

ються та попадають на внутрішню поверхню додаткового конусу 3. В залежності від отриманого розміру, гранули класифікуються на велику та дрібну фракції за рахунок зміни окружної й осьової складових швидкості вісесиметричного вихрового потоку теплоносія по висоті додаткового конусу 3 пристрою. Гранули дрібної фракції підхоплюються створеним у додатковому конусі 3 пристрою вісесиметричним вихровим потоком теплоносія та переміщуються до верхнього перетину додаткового конусу 3 та відводяться з робочого об'єму пристрою через міжкорпусну кільцеву порожнину 4 між додатковим конусом 3 і основним вертикальним корпусом 1. В міжкорпусній кільцевій порожнині гранули дрібної фракції починають вторинно контактувати з потоком теплоносія, що надходить до цього об'єму через додатковий горизонтальний патрубок 28 через циліндричну частину 30 в основному вертикальному корпусі 1 та розподільний елемент 29. В результаті контакту з потоком теплоносія в межах міжкорпусної кільцевої порожнини 4 по мірі переміщення вниз по її перетину до розподільного елемента 29 дрібні гранули додатково висушуються, кристалізуються та охолоджуються. В нижньому перетині міжкорпусної кільцевої порожнини 4 дрібні гранули проходять через отвори

розподільного елемента 29 та опускаються до нижнього перетину основного вертикального корпусу 1. У днищі основного вертикального корпусу 1 ці гранули потрапляють у зону розрідження, що створюється навколо струменю газового потоку, який входить через патрубок 27, засмоктуються цим струменем і через нижній кінець 26 вертикального направляючого патрубку 24, переміщуючись по його порожнині, викидаються через верхній кінець 25 у центральну частину робочого простору додаткового конусу 3 у ядро вихрового псевдозрідженого шару. Розплав, який потрапляє на поверхню дрібних гранул, кристалізується, при цьому розмір гранул збільшується. Велика фракція не залишає робочий об'єм пристрою і по мірі довшування та збільшення гранули, циркулюючи об'ємом додаткового конусу 3, переміщуються вниз по його перетину. При досягненні заданого розміру гранули падають донизу по поверхні додаткового конусу 3, проходять через вихровий газорозподільний вузол 23, циліндричну частину 6 та нахильне днище 7 кільцевого уловлювача 5 гранул та відводяться з пристрою через розвантажувальну точку 8. Відпрацьований теплоносій виводиться з основного вертикального корпусу 1 через патрубок 10, розташований у еліптичній кришці 2.



